

## 促进非洲矿产-能源联动发展（MEND）：从概念到实践



合作方：



中国与非洲能源转型

政策报告系列

政策报告 01:津巴布韦

# 关于中央财经大学绿色金融国际研究院（IIGF）

中央财经大学绿色金融国际研究院（IIGF）是国内首家以推动绿色金融发展为目的的开放型、国际化的研究院，2016年9月由天风证券公司捐赠设立。研究院前身为中央财经大学气候与能源金融研究中心，成立于2011年9月，研究方向包括绿色金融、气候金融、能源金融及健康金融。IIGF是中国金融学会绿色金融专业委员会的常务理事单位，并与财政部建立了部委共建学术伙伴关系。IIGF以营造富有绿色金融精神的经济环境和社会氛围为己任，致力于打造国内一流、世界领先的具有中国特色的金融智库。

## 作者

沈威，中央财经大学绿色金融国际研究院绿色“一带一路”中心主任、高级研究员

周正韵，中央财经大学绿色金融国际研究院绿色“一带一路”中心助理研究员

Tsitsi Musasike, Boston University

Tinotenda Chidhawu, University of Zimbabwe

## 研究声明

本报告合作方为非洲气候基金(ACF)。本报告系中央财经大学绿色金融国际研究院的研究成果，不一定代表非洲气候基金(ACF)观点。

本报告笔者衷心感谢所有为本报告的案头研究、实地调查、访谈和问卷等各方面给予支持的同事和专家。他们的专业知识和巨大协助对本研究的顺利进行起到了不可估量的作用。在此一并谨致谢意，文中疏漏由笔者负责。

本报告为“中国与非洲能源转型政策报告系列”系列的第一篇。第二篇为《中国与埃及低碳能源转型:从可再生能源到绿氢》。

## 执行摘要

- 全球对于包括钴、铜、锂、镍在内的新兴战略矿产需求的快速增长，为矿产资源丰富的非洲国家带来了历史性的发展机遇，但同时也带来了巨大的治理挑战。如果对于关键矿业的巨量投资能够得到有效管理和引导，其收益将对非洲国家实现经济赶超和社会发展发挥至关重要的作用。
- 电力供应以及其他基础设施的巨大缺口是非洲国家从关键矿业投资中获益的主要障碍之一。因此，本研究设计了‘矿业-能源联动发展’的分析框架（Mineral-Energy Nexus for Development，以下简称 MEND），用于深入探讨这一挑战的解决路径。MEND 探索建立各利益相关方参与的合作型治理体系的可能性，并全面评估关键矿产产业，基础设施与当地社会发展之间的复杂互动关系。
- 针对特定国家，MEND 的衡量方法是基于四个潜在的发展效益指标，即：(1) 社区的电气化程度；(2) 气候减缓效应（比如通过可再生能源解决方案）；(3) 强化电力基础设施支持；和(4) 为矿电部门的治理改革提供可再分配的收入。
- 我们采用 MEND 的分析框架对中国企业在津巴布韦锂矿开采项目（称为 Z1）的深度案例研究。津巴布韦拥有丰富的关键矿产资源，但是其电力供应和基础设施能力不足的问题也是较为典型的。津巴布韦政府也希望能够提高本国关键矿产产业的加工能力，提升矿产资源出口的附加值。但是本国的严重电力短缺问题影响了这一愿景的实现速度。
- 在过去二十年中，中国企业主导了在津巴布韦的采矿和电力行业的开发投资。因此，我们的调查研究聚焦中国和津巴布韦双方的利益相关方，基于半结构访谈、焦点小组和问卷调查等方法，揭示了中国企业在投资非洲关键矿产产业过程中的企业战略和实践，及其电力解决方案对实现多重发展目标的影响。
- 我们的研究发现，中方企业在项目执行期间采用了创新的电力解决方案，比如说嵌套式长期购电协议（Sleeved-PPA），并计划建造太阳能光伏电站，形成组合式的供电方案。这些创新方案为矿上的作业提供了可靠且经济的电力供应，但对推动当地社区的电气化发展较为有限。因此，中国企业为了承担起更多的企业社会责任（CSR），正在通过捐助太阳能节能灯等方式改善周边社区能源贫困状况。
- 本案例研究表明，为了实现采矿设施和周边社区更具包容性和可持续性的电力解决方案，需要进一步统筹各方的资源优势，将公共、私营和民间参与者联系起来。单个投资者的能力难以凭借自身力量实现 MEND 框架中所列的四类发展目标，来自政府和社会组织的支持至关重要。

- 研究表明，非洲国家的电力监管机构对各类创新型供电模式的支持对实现 MEND 至关重要，比如支持嵌套式或其它非传统购电协议，或是基于社会融资的社区电力解决方案、和各类混合融资方案和去风险工具的采用。我们建议中国和津巴布韦监管和金融机构能够制定更加灵活和有针对性的政策，以推进实现 MEND 分析框架中所展现的各类发展效益，防止“资源诅咒”的问题在非洲矿业大国重演。
- 矿电联动发展的成功在很大程度上依赖于矿产品的销售活动所产生的现金流。“资源+基础设施”的综合开发和融资对于非洲资源类国家的发展路径具有深远的影响,这种联动模式与以往中国承建的相对独立的超大型基础设施项目有显著的不同。矿电联合项目若能实现 MEND 框架下的各项发展目标，将会是中国转向‘小而美’一带一路项目的有益尝试。



# 目录

1. 引言：中国与非洲矿业发展 .....	1
2. 矿业-能源产业联动发展（MEND） .....	3
3. 应用 MEND 框架分析津巴布韦 Z1 锂矿项目的发展效益 .....	11
3.1. 津巴布韦概况：蓬勃发展的矿产行业与捉襟见肘的电力行业 .....	11
3.2. 为 Z1 锂矿项目供电：具体供电方案对 MEND 框架的启示 .....	20
3.2.1. Z1 项目的能源解决方案 .....	21
3.2.2. 从地方电气化到地方发展 .....	25
3.2.3. 组织管理与文化 .....	29
3.3. 案例研究的启示 .....	31
4. 政策建议与结论 .....	32
4.1. 支持关键采矿活动的创新电力解决方案 .....	32
4.2. 支持具有气候缓解效益的可再生能源解决方案 .....	33
4.3. 实现地方电气化和发展效益 .....	34
4.4. 建立有效且一致的再分配机制 .....	35

图目录

图 1. 矿业-能源产业联动发展方式：发展效益与合作伙伴网络 .....3

图 2. 2018-2023 年关键矿产的价格变化（人民币） .....6

图 3. 实现的决定性因素 .....9

图 4. 津巴布韦矿产租金 (占国内生产总值的百分比) .....11

图 5. 锂电池生产能耗范围 ..... 13

图 6. 2022-2023 年外汇汇率波动（津巴布韦币兑美元） ..... 18

图 7. 嵌套式购电安排 ..... 22

图 8. 嵌套式购电安排+自备电站模式 .....23

图 9. 嵌套式长期购电协议及光伏电站供电的决定因素 ..... 24

图 10. 参与调查的村民 ..... 25

图 11. 对 Z1 项目对当地社会贡献的看法 .....26

图 12. 对 Z1 项目及中国投资者的总体态度 .....27

表目录

表 1. 津巴布韦外债总额（单位：百万美元） .....15

## 1. 引言：中国与非洲矿业发展

近年来，中国在可再生能源与关键矿产领域的海外投资已成为学界、业界及政界热议的焦点。自中国国家主席习近平于 2021 年宣布停止对燃煤电厂的融资以来，关于如何促使中国扩大在非洲等地区的可再生能源投资规模的讨论持续升温 (Ayele et al, 2021; Zhou and Ma, 2023)。然而，中国在亚非拉地区大规模投资各类与能源转型密切相关的矿产项目，也引发了另一场截然不同的讨论。西方发达国家对于中国在全球电动汽车于电池价值链中日益增强的主导地位公开表示了担忧，并强调了实施适当的“去风险”策略的紧迫性 (Demarais, 2023)。

然而，在这场持续的辩论中，往往缺乏一种极为重要的声音。来自全球南方的投资接受国，作为中国各类‘绿色产业’投资的主要受益者，对中国在绿色能源和关键矿业领域不断增长的影响力有着截然不同的关注点和考量。考虑到这两个战略领域的投资对这些国家整体和地方的发展轨迹都会产生深远影响，以下两个相互关联的问题显得尤为重要：

(1) 在受援国层面，如何抓住历史机遇，将绿色产业投资作为推动该国可持续发展的引擎？化石燃料和贵金属矿产曾给很多资源丰富类国家带来非常严重的‘资源诅咒’困境。随着风能、太阳能和关键矿产成为新的战略资源，这些国家如何利用这些新的资源禀赋，实现经济和工业方面的“赶超”，并避免“资源诅咒”的重演？

(2) 在地方层面，需要关注绿色投资为当地民众带来的发展机遇和利益，以及实现“公正转型”的必要性。这个问题涉及到如何为矿业项目所在的社区和居民提供更好更清洁的公共产品和学习机会，增强他们的生产技能和效率，从而走上一条更加包容性的发展道路。

本文旨在通过对非洲关键矿产采矿和加工活动中如何保证能源供应这个具体问题的微观分析，探讨上述两个相互关联的问题。在国家层面，多个矿产资源丰富的东道国政府宣布了雄心勃勃的提高采矿工业化程度的目标。相关的干预政策旨在鼓励投资者投入矿产品的加工能力，作为防止资源掠夺和促进本国工业化的重要举措。矿业和电力部门的治理逐步趋于融合。然而，由于国内电



力基础设施的匮乏，尤其是在采矿和矿产品加工地点的电力供应短缺，已成为实现上述政策目标的重要制约因素。比如说，在非洲地区近 80%的采矿活动都位于农村和原住民地区(Owen et al, 2023)，如何设计创新和实用的清洁电力解决方案是尤为迫切的问题。

另一方面，能源密集型活动，如按照东道国政府要求安装矿石加工和冶炼设施，为提高周边社区的电气化水平提供了前所未有的机遇。实现 2030 年全球能源可及是联合国可持续发展目标（SDGs）的重要组成部分，而撒哈拉以南非洲地区面临的挑战尤为严峻。目前，该地区仍有约 43%的人口未能接入现代能源系统 (IEA, 2022)。若能提高矿区周边农村和原住民地区电气化，将为尽快实现 SDG7 提供不可多得的机会。因此，采矿业和加工关键矿产的电力解决方案具有重要的多重发展潜能。

在本报告中，我们构建了一个分析框架——矿业-能源产业联动发展 (Mineral-Energy Nexus for Development, or MEND) 方法——来探讨这一问题。本报告的研究基于案头调查和实地调查，包括对中国企业在津巴布韦一项锂矿开采投资进行了深入的案例研究。长期以来，津巴布韦一直是中国企业在电力和矿产领域的重要投资目的地。而当前该国正在经历的电力供应危机，与高歌猛进的关键矿产投资使其成为检验 MEND 方法的理想案例。

报告中揭示了该项目当前电力解决方案的成效与局限，还展示了参与交易的主要利益相关方在创新和实验方面的巨大潜力。为了实现更具包容性和可持续性的矿区及周边社区电力解决方案，我们认为需要采取一种更加协调包容的方案，协调投资国和受援国的其它公共、私营和民间组织，提供更为多元化和灵活的一揽子电力解决方案。

尽管文章分析主要聚焦于项目层面的微观动态，但我们也将其置于中国对非洲的出口信贷和项目融资这个大背景中。鉴于许多撒哈拉以南非洲国家面临着不断增加的债务负担和日益恶化的公共财政状况，以主权信贷或担保为支撑的大型基础设施开发模式正面临挑战。自 2017 年以来，中国在非洲的出口信贷贷款额度下降明显 (Moses et al, 2023)。在此背景下，MEND 方法提出了一种潜在的替代方案：在各利益相关方的支持下探索由私人主导的工业用电+社区用

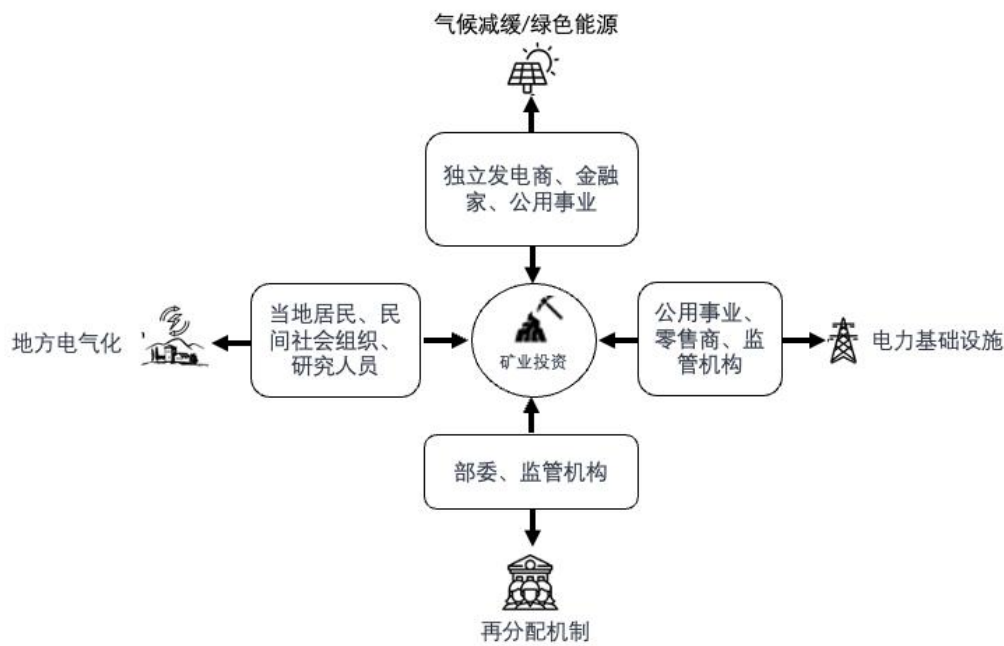


电的综合解决方案。我们相信，成功实施 MEND 方法有望充分释放关键矿产投资的各类发展价值潜力，并促进受援国在国家和地方层面的公正和可持续发展。

## 2. 矿业-能源产业联动发展（MEND）

关键矿产投资的电力解决方案能够对国家和地方发展产生多重影响（见图 1）。

图 1. 矿业-能源产业联动发展方式：发展效益与合作伙伴网络



来源：作者自制

MEND 解决方案中的第一个显著优势是解决矿业投资周边地区的电力基础设施短缺。投资者需要确保矿业项目现场拥有完备可用的电力基础设施，这通常也被称为“最后一英里”的挑战。这些基础设施可能包括输电线路和变电站（若矿业项目的供电需要连接电网）或是独立的自备发电系统。在联有电网的情况下，若受援国的电力公司因资金或技术制约而无法及时提供这些基础设施，投资者必须利用自有资金和技术资源获得所需设施。之后，这些新建电力基础设施的所有权通常会部分或完全由投资人转让给当地电力公司。双方通常会事先协商电力设施转让后的购电机制。在独立的自备系统中，这些基础设施主要由私人投资机构拥有，既可能是由矿业投资者完全拥有，也可能是矿业投资者

与独立电力开发商（IPP）共同持有。无论采取哪种方式，这些新增的电力基础设施都将提升受援国的电力供应状况。

MEND 的另一个发展内容与清洁能源转型和减缓气候变化有关。风能和太阳能这类可再生能源具有为采矿活动提供清洁和可持续能源解决方案的潜力，这得益于其快速下降的成本以及在并网和离网环境中的灵活应用。矿业项目投资人如果投资可再生能源发电设备，即使仅用于其采矿业务的运营，也能获得一定的投资回报。这类的投资活动不仅能为投资者提供互补性的、具有成本效益的电力供应，还能帮助投资者在环境、社会和治理（ESG）以及企业声誉方面获得提升。这些解决方案的综合减排效果将有助于受援国实现其国家气候目标和国际承诺。

MEND 的第三个内容是为周边地区的电力可及提供可能性。在满足一定前提下，为采矿活动而开发的电力基础设施可与当地社区民众共享。从理论上讲，采矿活动可以提供重要的锚定负荷，从而大幅降低周边地区的总体电力接入和消费成本 (Banerjee et al, 2015)。若是这些电力基础设施为公有资产，国家电力公司或可负责为当地家庭开发额外的配电系统。如果公共资金难以承担这部分投入，投资者可根据其企业社会责任的预算承担起这一角色。不论哪种情况，都需要精心设计负荷分担和电价方案。民间社会组织或地方企业家也可以发挥重要作用，特别是通过这些计划提供维护能力。

MEND 的最后一个影响方面较为间接，涉及国家层面的收益再分配机制。矿业投资中所征收的税金，可以进一步再分配到电力系统用于升级国家电力治理效力。这对于那些矿业收入可观但电力系统欠发达的受援国来说尤为重要，例如刚果（金）、津巴布韦和赞比亚。从长远来看，激增的关键矿产投资和相应增长的电力需求很难完全通过项目自备电力解决方案来支持，尤其是在需要大规模增加选矿冶炼加工设施的情况下。任何向绿色价值链上游发展的工业化尝试，如太阳能电池板、电池或电动汽车制造等，都是典型的能源密集型工业流程。这些流程需要一个由集中式和分布式共同组成的平衡电力系统。由于大多数撒哈拉以南非洲国家使用自有资金开发这种组合电力系统的能力有限，因此来自矿业部门的税收和特许权使用费至关重要。然而，在矿业和电力系统之间建立这样的资金循环需要适当的制度框架，这个问题虽然超出了本课题的研

究范围，但是确是很重要制约长期发展的因素之一。

综上所述，这四类潜在的发展效益形成了在特定国家背景下成功实施 MEND 联动项目的框架，即（1）矿区周边的电气化，（2）（通过可再生能源技术的）气候减缓效益，（3）加强电力基础设施，以及（4）用于能源和矿业部门长期发展的可分配收入。然而，要实现这些潜在效益，往往需以矿业投资者为中心建立一个包括各利益相关方的密切合作网络。例如，基础设施建设需要国家电力管理部门、有能力的独立发电厂投资者，以及各类融资机构的密切合作；而提高矿区周边的电气化则需要社会慈善机构或民间社会组织（CSOs），或是发展金融机构（DFIs）的支持。因此，基于 MEND 的矿电联动发展被视为是基于协作治理结构，且由多个行为体网络组成的，用以维持每个可实现发展目标的稳定推进。

然而，行为体网络的中心一定是矿业投资者，他们将为其投资的矿业项目所需的具体能源解决方案做出最终决策。我们的分析表明，投资者认为各种 MEND 所列明的潜在发展收益只能在与不同主体的交易活动中实现，而这些交易活动都存在需要仔细分析并妥善管理的风险和不确定性。从投资者的角度来看，MEND 基本上是一种与其他利益相关者共担风险的机制。然而，其最终的成功取决于矿业投资项目的成功。如果矿业运营和销售出现问题，那么与之关联的电力解决方案和其他支持性基础设施也会受到影响，所有的潜在发展效益也都将付之东流。关键矿产的投资风险主要包括完工或运营风险、政治或监管风险、商业或市场风险、社区风险（环境和社会）以及组织或管理风险：

- 完工或运营风险：该风险涉及投资项目的实际建设和生产活动。投资者需要同时评估采矿和供电两个项目按时投产的可能性。在建设期间，任何一方的延误都必然会影响到另一方。同样，在维护或运营期间，供电系统出现的任何技术问题都会影响采矿或加工活动，反之亦然。因此，对于部分自供电系统，完工或运营的风险较高。MEND 需要过硬的开发商和承包商，在技术和管理能力方面都有良好记录和当地经验。投资者必须在整个项目周期内与两端的参与者建立高效的沟通。

- 市场或商业风险：该风险涉及与电力和矿产品承购商相关的不确定性。

近年来，多类关键矿产的国际市场价格波动巨大（见图 2），并显示出相关矿产品在下游行业需求波动、矿产品价格振荡，以及由于技术迭代而导致的产品需求减少等不确定性。市场波动可能会侵蚀矿业投资的长期收益，对项目运营的稳定性造成重大风险。对于 MEND 框架中提供的解决方案，例如自备电站系统，独立电力开发商通常更希望获得长期稳定的电价收入，而不愿分担与矿业或其下游活动相关的任何市场波动风险。然而，MEND 需要矿业投资者和独立电力开发商（IPP）之间协调矿业投资的“高风险高收益”和电力投资的“低风险低收益”这两种截然不同的收益模式。如果独立电力开发商和矿业投资者都来自中国，那么双方更有可能协调并共担这些商业风险。虽然最后的合同安排仍取决于双方的谈判和议价能力，并最终表现在企业购电协议（CPPA）的最终条款上。如果矿区的电力供应是通过并入国家电网解决的，投资者则会主要关注电力供应的稳定性以及供电方违反售电协议的潜在风险，特别是电价上调或削减电力供应的风险。

图 2. 2018-2023 年关键矿产的价格变化（人民币）



来源: Trading Economics, 2023 年

- 政治或监管风险：在许多撒哈拉以南非洲国家，政治风险往往被视为最难规避的风险。无论是投资者，还是中国的政策性银行和出口信贷机构，往往在承担东道国政府或国家公共事业部门的主权风险上非常谨慎。政治风险包括战争、内乱，以及突然性或歧视性的政策变化。这些风险都会干扰甚至中断投资的正常运作。如果电力解决方案以自备系统为基础，这些风险将由矿业投资者和 IPP 共同分担。同样，来自电力或矿业部门的监管变化会由于其“联动”性质而同时影响双方。部分监管风险，如全部或部分征用，对于投资者是生存性风险。而其他不确定因素，如政府或领导层的更迭或地缘政治紧张局势的加剧，则是间接性风险。但间歇性风险仍存在扩大至生存性风险的可能。虽然战争或国内冲突等问题会影响到所有利益相关方，但它们对部分行为者带来更加严峻的挑战。例如，部分矿业资产被征用会对矿业投资者产生更大的影响，而 IPP 受影响较小，这将引发双方如何协同应对和处理此类政治事件的问题。
- 社区层面的风险：采矿作业不可避免地与当地社区发生交集，因此当地社区对外来投资的接受程度是 MEND 能够实现的关键。与当地居民的冲突、斗争和抵制可能导致运营中断甚至停工，造成企业财务和声誉方面的损失。由于自备电站与采矿活动紧密相连，因此其运营也将受到当地社区关系的影响。培养建设性的社区关系将成为各方的共同利益。鉴于共同利益的联动性，矿业投资人和 IPP 的社会责任战略和社区发展项目计划应相互协调共同促进，而双方 ESG 方面的表现也将不可避免地趋于一致。社区民众关心的问题一般涵盖水、电、土地和交通基础设施等资源的获取。此外，采矿和供电设施对当地就业的影响也需要双方进行共同评估。IPP 和矿业投资者需要就当地各类问题，包括污染物排放、生物多样性保护、原住民权利、强制安置、童工或强迫劳动、文化遗产保护以及社区民众健康和安全在内的具体问题达成共识。理想情况下，可以建立共享的申诉机制以解决社区民众的各类不满。

- 组织和管理风险：采矿和加工是典型的劳动密集型活动，需要企业雇佣大量当地员工。这需要企业的总部（母国）提供完善的企业管理流程，特别是在培训新招聘员工的初始阶段。此外，在处理因文化和语言不同而产生的隔阂时往往需要当地专家与本地民众保持良好的关系。企业可能面临的投诉和不满通常包括工资纠纷、工作条件与预期不符、缺乏学习和晋升途径、隐性或显性的种族或性别歧视等。这些组织内部的问题如果处理不当可能会破坏 MEND 的实现，这同样需要矿业投资人和 IPP 之间制定更加协调一致的组织战略和内部行为准则。

组织内部风险还涉及当地雇员与当地居民之间可能发生的对抗性冲突，这与上述社区层面可能产生的风险有相关性。从长远来看，雇用了大量当地员工的矿企和长期投资项目将不可避免的转变当地农村社区面貌，逐渐转型成一个具有独特的社会经济体系，即典型的“矿业乡镇”。

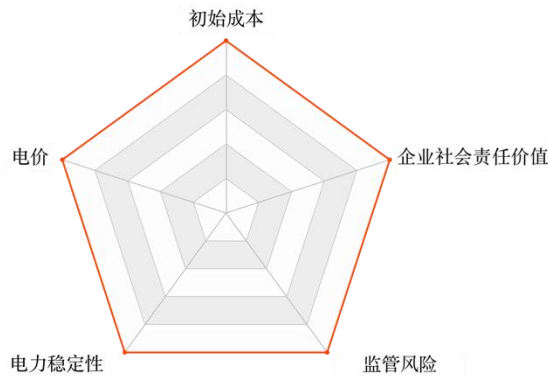
在这类转型过程中，原有的社会结构会被新的所取代，带来多层面的冲突，企业需要充分认识到这种社会转型中的各类隐患，比如社区治安，贫富分化与族群冲突等等。

矿业项目具体的电力解决方案一般基于对管理这些风险和不确定性的考量，通常介于从完全并网到完全自备的各类安排之间（见图 3）。不同的供电方案可提供灵活甚至量身定制的解决方案 (Banerjee et al, 2015)。可再生能源，特别是光伏技术的出现，大大增加了投资者的选择范围。可再生能源技术能够让投资方选择并网与自备系统相结合的混合供电方案。光伏发电的另一个优点是投资方几乎可以在项目开发和运营的任何阶段考虑增加光伏发电系统。但缺点是作为间歇性电源，光伏发电不能完全提供采矿和加工活动所需要的基础负荷。多种供电方案的选择也考验投资方的创新和沟通能力，他们需要与不同的合作伙伴及利益相关方共同制定出最合适的解决方案。

在实地调研和文献分析中这类创新的供电模式都有所体现。例如，为了降低并网方案中的供电不稳定性风险，当市场中有第三方电力服务供应商存在，投资方会考虑采用嵌套式长期购电协议（Sleeved-PPA）的安排，为企业的电力供应提供更安全稳定的供电。在下文津巴布韦案例分析中我们会对这种安排进

行深入分析。对于混合或完全自备系统而言，让 IPP 参与开发和维护自备系统的做法日益普遍。从理论上讲，有些自备系统也可以连接到当地社区或国家电网，以便在电力供应过剩时通过转售额外电量的获取利润或是彰显企业社会责任。然而，在津巴布韦的实地调研中，我们尚未发现投资者有此类安排。一般来说，最终的电力解决方案通常基于几个考虑因素，包括初始成本、电价或运营成本、电力供应的可靠性、对监管风险的抗性（韧性）以及额外的企业社会责任价值，每个因素都与上述特定的风险因素有关（见图 3）。

图 3. 实现的决定性因素



来源：作者自制

一个悬而未决的问题是，金融机构对支持这些创新型电力解决方案持有怎样的态度？这些解决方案与传统上的主权担保所支持的传统金融模式有着显著的不同。以嵌套式长期购电协议的安排为例，尚不清楚通过第三方机构安排具有更高稳定性的供电服务是否能够让融资机构首肯这个创新模式的可融资性。如前所述，在混合或自备系统中，商业和政治风险在很大程度上由 IPP 和矿业投资方共同承担，这对金融机构如对这两种活动的予以风险评估提出了新的要求。事实上，MEND 的关键就是 IPP 和矿业投资者之间的风险分担机制。然而，这种“共生”关系对银行的风险评估是一个挑战。金融机构需决定是否单独针对 IPP 和矿业投资进行评估，还是采取整体性的风险考量。

在本节中，我们阐述了 MEND 框架中潜在的四种发展效益。然而，采矿活动的实际电力解决方案是高度异质化和情景化的。具体的实施将受到各种风险



因素和投资者偏好的影响。因此，需要针对具体案例进行深入研究，以揭示 MEND 实现的可能性。在下一节中，我们将通过深度分析津巴布韦的锂矿开采项目（Z1）来讨论 MEND 从理论框架到具体实践的路径。

### 3. 应用 MEND 框架分析津巴布韦 Z1 锂矿项目的发展效益

#### 3.1. 津巴布韦概况：蓬勃发展的矿产行业与捉襟见肘的电力行业

电力和锂矿开采是津巴布韦可持续经济转型的关键产业部门<sup>1</sup>。津巴布韦丰富的关键矿产资源为本国经济发展提供了前所未有的机会之窗，既可以帮助国家赚取外汇，也可以通过投资矿产加工设施促进工业发展。从理论上讲，矿产行业的蓬勃发展所带来的巨大收益可以进行合理的再分配，用于资助长期以来投资严重不足的电力基础设施。而作为回报，日益强大和可靠的电力供应系统将支持快速增长的采矿和加工业务，并进一步提高其生产力和收入。从而形成两个行业之间的正反馈循环，也能同时解决促进工业产能和基础设施发展的双重任务，建立起相互支持相互促进的矿产-能源联动关系。

图 4. 津巴布韦矿产租金 (占国内生产总值的百分比)



来源：世界银行

尽管 2022 年津巴布韦的电力普及率达到了 62%，但农村地区仍有高达 91.1% 的家庭未能接入国家电网 (ZimStat, 2022)。矿区的电力解决方案不仅能以较低成本提供稳定的电力负荷，还有望为周边社区提供额外的能源接入，从而缓解能源贫困问题。这一举措有助于提高当地社区对采矿活动的接受度，并促

<sup>1</sup> 美国地质调查局的数据显示，津巴布韦拥有非洲最大的锂储量和矿山，总储量约为 22 万公吨。

进公正转型的实现 (Quiroz et al, 2022)。此外，津巴布韦还拥有丰富的太阳能资源，利用光伏技术可提供额外的电力供应，并为津巴布韦实现低碳发展和履行国际气候协定下的气候承诺做出贡献。在此背景下，MEND 似乎是一个理想的策略，它能够全面解决矿产收入、工业能力、能源安全、社区通电和气候减缓等多重问题。然而，尽管这一框架具有实现多重共同效益的巨大潜力，但在实际操作中仍面临诸多挑战和风险。要克服这些挑战并实现理想目标，需要投资国和受援国各类机构在政策、融资和社区能力建设方面做出协同努力。

实现 MEND 的主要障碍包括津巴布韦的决策权力的高度分散和政策不连贯性，电力和其他配套基础设施缺口严重、所需技术和资金极度短缺，以及社区层面的高度复杂性，这些都是投资者在津巴布韦面临的典型风险因素。过去二十年来，中国一直是津巴布韦矿业和电力行业最大的投资来源国。中国企业如何应对这些挑战并找到可行的解决方案，将为 MEND 框架在当地实施的可行性提供重要的借鉴。

采矿业在津巴布韦经济中占有重要地位。截止 2022 年，矿业部门对全国 GDP 的贡献率约为 11%，占出口收入的 60%以上 (MoF, 2021)。<sup>2</sup> 2022 年，津巴布韦矿业总收入达到了 54 亿美元的历史最高水平，并预计在 2023 年继续增长。根据司法、法律和议会事务部长齐扬比 (Ziyambi) 先生的说法，2023 年采矿业的出口收入预计将超过原本 120 亿美元的政府目标，并实现 100% 的同比增长 (Razao, 2023)。这一显著增长主要得益于津巴布韦丰富的锂矿资源。2023 年第一季度，津巴布韦的锂矿生产指数达到 184.2，同比增长 169.5% (ZimStat, 2023)<sup>3</sup>。锂矿石产量的大幅增长进一步巩固了津巴布韦作为全球重要锂矿石生产国的地位，并有望为其带来可观的经济收入。

然而，津巴布韦政府的目标并不局限于最大化锂矿石收入。政府认为过度依赖未经加工的矿石出口并非可持续的发展战略。因此，当姆南加古瓦在 2023

---

<sup>2</sup> 数据来自津巴布韦财政和经济发展部，涵盖矿产品销售、许可证费用、特许权使用费、税收和其他收入来源等多个部分。因此，津巴布韦财政部整理的矿产收入占国内生产总值的比例通常高于世界银行等其他机构报告的数字，因为后者的统计主要集中在矿产租金的单方面数据。

<sup>3</sup> 数据来自津巴布韦国家统计局 (Zimstat)。矿业生产指数 (IMP) 是一项经济指标，显示矿业部门的产出量在一定时期内与给定参照期的相对变化。矿业生产指数是根据津巴布韦矿业和矿业发展部定期提供的行政数据所编制的。

年再次当选津巴布韦总统后便重申了利用该国丰富矿产资源推动工业化的承诺。在选举后召开的首次内阁会议上，他强调矿业部门在塑造津巴布韦经济格局、创造就业机会、增加外汇储备、技术和知识转让以及社区发展等方面的持久意义 (Ruzvidzo, 2023)。

受访的津巴布韦专家普遍支持政府的这一愿景。一位来自矿产营销领域的专家表示：“南美洲和中美洲正在建设五年后可用于加工贸易的工厂。五年后.....我们国家（津巴布韦）可能不再具备竞争力”<sup>4</sup>。他认为，考虑到全球市场的不确定性，探索和推动津巴布韦通过培养国内采矿加工甚至电池制造能力来实现可持续增长至关重要。此外，他还建议扩大矿产品的营销渠道范围，包括本国、非洲地区，甚至全球市场，以创造更多的附加值。

基于这一判断，津巴布韦政府于 2022 年 12 月禁止出口锂原矿石，旨在振兴国内锂矿加工产业并培养国内电池级锂矿产品的生产能力 (Banya, 2022)。矿业部长温斯顿·奇坦多 (Winston Chitando) 在 2023 年津巴布韦矿业商会年度大会上明确表示，未来还将出台更多干预政策以提升矿产资源的价值链，并鼓励投资者在当地建立生产设施，实现电池级碳酸锂的制造愿景 (Banya & Chingono, 2023)。最近启动的马平加电池生产制造厂有望成为电池金属加工领域的重要推动力，项目将包括建立一个电池金属园区，专门用于加工各种金属，特别是锂、铂和镍 (Marawanyika, 2022)。津巴布韦财政部专家在采访中表示，津巴布韦希望与赞比亚和刚果民主共和国 (DRC) 等矿产资源丰富的邻邦建立战略合作关系，为这一战略行业带来地区性规模经济效益<sup>5</sup>。

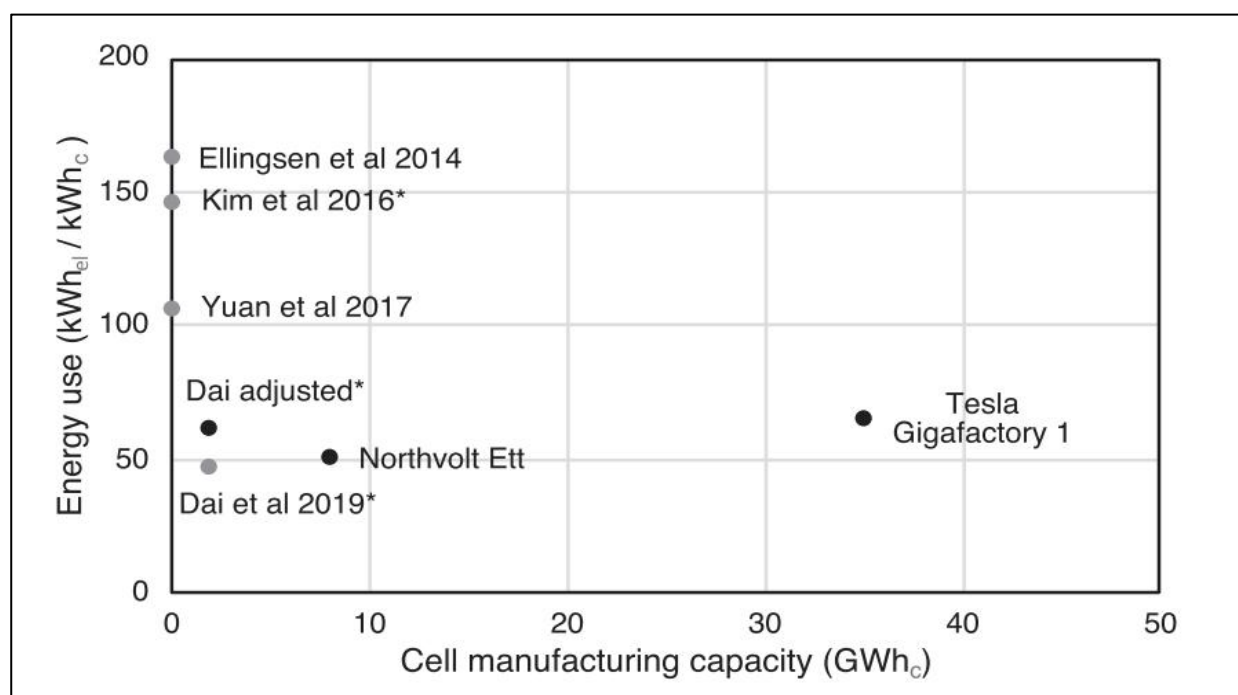
然而，提高加工和制造能力需要大量且稳定的电力供应。现有研究表明，目前生产 1 千瓦时锂电池的能耗通常在 50-65 千瓦时之间 (Kurland, 2020, 见图 5)。尽管精确的能源消耗指标可能因原材料浓度和具体技术而异，但通常可以认为能耗会随电池生产过程的不同阶段而提高。

图 5. 锂电池生产能耗范围

---

<sup>4</sup> 2023 年 7 月 18 日在哈拉雷对津巴布韦矿产销售公司代表的访谈。

<sup>5</sup> 2023 年 7 月 21 日在哈拉雷对财政和经济发展部官员的访谈。



来源: Kurland, 2020 年

遗憾的是，津巴布韦在过去的几十年里一直深陷电力供应危机中，这成为了该国通过关键矿产加工推动工业发展愿景的主要障碍。据估算，包括锂矿在内的采矿业的电力需求预计将激增 2300 兆瓦左右 (Chingono, 2023)。然而，津巴布韦的电力供应始终捉襟见肘。据南非标准银行 (Stanbic Bank) 的专家透露，该国的实际电力需求徘徊在 1750 兆瓦左右，而当前的实际发电能力甚至低于 1000 兆瓦<sup>6</sup>。这一观点在与津巴布韦能源管理局 (ZERA) 的专家交流时也得到了印证。他指出，津巴布韦的电力需求预计将显著增长，到 2025 年可能从现有的 1800 兆瓦攀升至超过 3320 兆瓦，到 2040 年可能高达 6680 兆瓦。尽管如此，也有其他专家给出了更为保守的预估，即到 2025 年电力需求将达到 2250 至 2350 兆瓦之间。

因此，不断增加电力进口和实行间歇性轮流限电似乎成为了津巴布韦政府近期的应对措施<sup>7</sup>。津巴布韦电力供应的两大支柱是旺吉 (Hwange) 火电站和卡里巴 (Kariba South) 水电站，近来两座电站均完成了扩建和升级。旺吉电站的 7 号和 8 号扩建机组已投入运营，将这座老旧电站的总装机容量提升至

<sup>6</sup> 2023 年 7 月 20 日在哈拉雷与 Stanbic 银行专家的访谈

<sup>7</sup> 2023 年 7 月 20 日在哈拉雷与津巴布韦能源管理局的访谈

1520 兆瓦，从而在关键时刻大幅增强了电力供应能力。另一方面，卡里巴电站在 2018 年完成升级改造后，其总装机容量也达到了 1050 兆瓦，成为了电力供应的另一大支柱(African Energy, 2018)。值得一提的是，这两个升级项目均由中国公司负责实施。然而，自去年以来，由于天气和水文条件急剧变化，卡里巴水电站的实际供电极其不稳定。2022 年 11 月，当水位降至不可持续的低水平时，其供电量骤降至 300 兆瓦以下，并导致了全国范围内的大规模停电(Ndlovu, 2022)。目前，津巴布韦主要从南部非洲电力联营公司（SAPP）进口 300 至 450 兆瓦的电力。2023 年前八个月的进口电力成本已超过 1.3 亿美元，同比增长 23.2% (Vinga, 2023)。

未来，由于公共资金短缺以及气候和环境问题日益严峻，津巴布韦无论是开发更多的火力还是水力发电能力都将在政治和财政上面临巨大挑战。津巴布韦在赞比西河上建设水电站需要与赞比亚进行协调，而该国在决策过程中的影响力相当有限<sup>8</sup>。同时，极端天气事件的频发也加剧了水电站的不确定性，进一步抑制了新的水电站的投资动力。目前，包括中国在内的大多数国际金融机构都明确规避投资新建燃煤发电项目。尽管太阳能具有巨大的潜力，但考虑到其间歇性的特点以及全国各地正在规划和建设的能源密集型加工设施对持续供电的巨大需求，太阳能似乎难以满足整个采矿业的电力需求。

在过去的 20 年里，津巴布韦基本上被国际金融机构拒之门外。由于出现多次主权债务违约，世界银行和国际货币基金组织自 2001 年以来对该国的融资通道实际上已经关闭。尽管中国在过去几十年里一直是津巴布韦事实上唯一的贷款方，但由于其拖欠中国贷款的情况日益严重，中国的政策性银行和出口信贷机构目前继续提供贷款的能力也受到了较大的限制。

表 1. 津巴布韦外债总额（单位：百万美元）

指标		2019	2020	2021
中央政府	长期	8,082	8,423	8,398
货币当局	长期	2,463	2,100	4,954
商业银行	长期	753	872	917

<sup>8</sup> 2023 年 7 月 20 日在哈拉雷与 Stanbic 银行专家的访谈

	短期	502	658	664
其他部门	长期	2,543	1,307	1,447
	短期	1,090	986	925
外债总额		15,433	14,346	17,305

来源：津巴布韦数据门户网站，津巴布韦储备银行

除了发电能力不足之外，“最后一英里挑战”也是一个重要问题。由于大多数矿区位于偏远的农村地区，电力基础设施和接入条件都非常有限。在实地调查期间，我们发现 Z1 附近的农村社区仅有 36.2%的居民接入了国家电网（下一节将进行更详细的分析）。一家中国矿业公司的经理在访谈中对周边地区陈旧的基础设施表示了强烈的不满，他将这种情况比作“一辆行驶了 40 多年的老爷车，所有部件都已磨损严重，濒临报废”<sup>9</sup>。

电力设备的严重损坏，日常的维护工作几乎不存在，这使得缺乏可靠的输配电设施成为投资者面临的又一难题，尤其是在雨季期间(The Zimbabwean, 2023)。目前，由于津巴布韦政府的政策支持有限，矿区的电力解决方案只能由投资者自行解决。因此，在选择可能的能源解决方案时，投资者必须考虑一系列具体的项目层面因素，如矿区的地理位置、接入电网的成本、资金实力以及企业与东道国政府和当地社区的关系等。

至少在短期内，期待政府资助开发新的发电能力支持津巴布韦的矿区电力供应是不现实的。津巴布韦输配电公司（ZETDC）面临着多重挑战，包括不可持续的低电价<sup>10</sup>、较高的用户违约率，以及输变电设施被频繁的破坏等 (The Sunday Mail, 2023)。根据《电力法》的规定，津巴布韦输配电公司在提高电价时必须获得津巴布韦能源监管局（ZERA）的批准。最近一次电价调整是在 2023 年 10 月，平均电价从 10.63 美分提高到 12.63 美分 (eBusiness Weekly, 2023)。此次电价调整旨在筹集 29.5 亿美元的额外收入，以改善 ZETDC 和津巴布韦电力公司（ZPC）的财务状况 (The Herald, 2023)。然而，ZERA 对于“提高电价”持高度谨慎态度，因为这可能会引发负面的社会影响。因此，作为承购

<sup>9</sup> 2023 年 7 月 20 日，对一家投资津巴布韦另一个锂矿开采项目的国有公司匿名专家的访谈。

<sup>10</sup> 津巴布韦是该地区电价最低的国家之一，据报道，津巴布韦输配电公司以 12 美元/千瓦时的价格采购电力，但以平均 10 美元/千瓦时的价格出售给消费者。



方的 ZETDC 和津巴布韦的主权信用评级在可预见的未来仍将是国内和国际金融机构“无法承担的风险”。

在此背景下，津巴布韦锂矿开采和加工设施的投资者只能在电网供电和自备系统之间进行选择。实际上，如果“最后一英里挑战”的问题能够以合理的成本得到解决，电网供电似乎是首选方案。当锂矿开采和加工地点位于国家电网和输变电站的合理距离之内，投资者更倾向于建设输电线路来解决最后一英里的的问题。然而，混合或自备电站项目模式也在考虑之列。每种方案都存在不同的优缺点。值得注意的是，Z1 项目和另一中国公司的锂矿项目都采用了电网供电的方案，但这两家投资者都在考虑光伏发电作为补充方案。来自 ZPC 的受访者透露，某些铬矿和铂矿开采项目也采用了独立的商业购电协议（CPPA）。因此，津巴布韦的矿业开发项目中实际存在着多种混合解决方案。

除了电力基础设施的初期建设成本外，由于 ZETDC 补贴政策的存在，电网供电方案的电费通常较低。然而，这种方案的一个明显缺点是可能会出现断电和限电的情况，这必然对采矿活动产生影响。尽管津巴布韦政府承诺在旺吉电站新机组投产后结束轮转限电措施，但无人能保证断电问题会彻底消失。考虑到卡里巴大坝的不确定性因素，这一点尤为令人担忧。目前这两座关键发电厂的发电能力已接近其容量极限，停电现象可能会在某个时刻再次出现。因此，关键问题在于作为具有战略意义的锂矿开采业在多大程度上能够免受限电措施的冲击。

光伏发电方案可以作为并网解决方案的一个补充选项，以提高系统的灵活性。来自 ZERA 的受访者介绍了一种支持采矿活动的混合模式：即在白天主要采用光伏发电的供电方案，在下午早些时候开始利用卡里巴大坝供电，从而避免企业光伏自备发电方案中昂贵的储能设施需求。中国能建集团已经提议在卡里巴大坝附近开发一个 1GW 的浮动太阳能项目，这为提升大坝现有发电能力

提供了新的选择(Reuters, 2023)。除了太阳能资源外，蔗渣/热电联产类项目也在津巴布韦有所尝试，总规模在 100MW 以下，但尚未在采矿业中推广应用。<sup>11</sup>

对于难以接入国家电网的偏远项目而言，自备电站成为了次优选择。这种方案通常采用柴油或燃气联合发电的解决方案。由于建设和维护电站往往不属于大多数矿业企业的核心专长领域，因此通常需要引入 IPP 来负责项目的实施，并根据双方之间的企业长期购电协议（CPPA）进行安排。对于这一方案而言，光伏也可以作为一种可行的补充方案。关于可再生能源方案的讨论在中国投资者和津巴布韦监管机构之间受到越来越多的关注。津巴布韦监管机构的受访者认为这是一个可行的战略方向，并且不需要额外的许可成本。可再生能源的解决方案在运营的前五年期间还可以享受免税优惠。目前 ZERA 正在积极与不同的政府机构合作，探索其他激励措施以鼓励矿业公司在条件允许的情况下开发自备电站。

这种自供电的解决方案的另一个潜在优势是有助于缓解津巴布韦的外汇短缺问题。当 ZETDC 作为唯一的电力承购方时，外汇短缺成为了一个重大障碍。由于 IPP 需要外汇来进口必要的建设设备，而 ZETDC 只能用当地货币支付时，外汇的波动和短缺会导致 IPP 的损失（见图 6）。来自南非标准银行的专家在访谈中证实，从融资方的角度来看 IPP 与矿业投资者或其他用电大户之间的 CPPA 更有积极意义，尤其是与有稳定外汇收益的大型企业之间的合作<sup>12</sup>。ZERA 的受访者同意这一观点，并指出虽然这种方法可能会导致 ZETDC 失去一些优质客户，但促进 CPPA 的安排符合 ZERA 迅速解决国家能源危机和支持国内最有能力的公司的承诺。在电力供应严重短缺的情况下通过增加日益分散和灵活的系统将提高电力系统的韧性和复原力，这将减轻 ZEDTA 的压力并有助于实现更可持续的能源供应<sup>13</sup>。

图 6. 2022-2023 年外汇汇率波动（津巴布韦币兑美元）

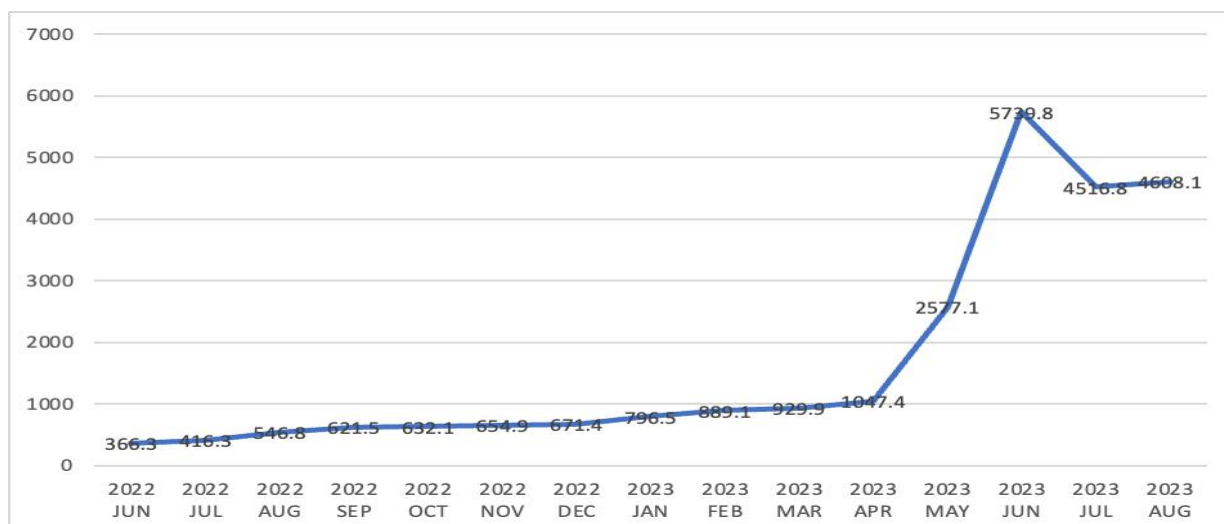
---

<sup>11</sup> 津巴布韦获得许可的独立发电厂 IPPs, ZERA 2023。见：

<https://www.zera.co.zw/electricity3/ipp/>

<sup>12</sup> 2023 年 7 月 20 日在哈拉雷采与南非标准银行的访谈

<sup>13</sup> 2023 年 7 月 20 日在哈拉雷与津巴布韦能源管理局的访谈



来源：津巴布韦数据门户网站，津巴布韦储备银行

利用 MEND 框架构思津巴布韦的电力和矿业前景时，应认真考虑该国当前的能源禀赋和制约因素。随着煤炭和水力发电等传统能源解决方案越来越不稳定甚至不可融资，以及政府资助的项目受到财政制约，MEND 为电力部门提供了另一种可替代途径。我们认为，某些形式的混合系统可以在项目层面挖掘供电能力，结合传统电源和可再生电源，这似乎是一条可行的道路。这也使津巴布韦能够最灵活最务实地利用其可再生能源禀赋解决矿业用电困境。

然而，要使该混合系统最终发挥实效，仍需解决两个关键问题。其一，必须在矿业投资人、IPP 及融资方等主要利益相关者之间的构建合理的风险分担机制。其二，需要深入评估 MEND 框架中额外的社区电气化以及其他发展需求的可能性，这将在项目层面的详细分析中予以探讨。

### 3.2.为 Z1 锂矿项目供电：具体供电方案对 MEND 框架的启示

为了更深入地探讨在津巴布韦推广与实施 MEND 框架可能遭遇的难题，我们进行了一项深入的案例研究。该研究设计结合了两种研究方法，并由两支研究团队分别执行。其中，第一组由津巴布韦本地学者组成，在首都哈拉雷及项目所在地对津巴布韦的国家及地方政策进行了梳理，并对社区利益相关方进行了实地访谈与问卷调查。第二组则由中国研究人员组成，负责与矿区及其邻近地区的中方相关机构进行沟通与交流。实地调研工作于 2023 年 7 月顺利完成。为确保研究的伦理性和参与者隐私权益，本报告中所涉及的所有名称（包括个人、地点及组织）均进行了匿名处理。

Z1 项目是由中国企业 PA（下文简称“PA”）独立投资开发的。PA 的经营范围主要集中于锂、镍、铜和钴等锂离子电池材料的开采与加工。与业内众多竞争者相似，PA 的矿产品来源主要依赖于海外市场，尤其是非洲与亚洲地区，而其加工生产设施则主要布局在中国境内。PA 在非洲关键矿业领域有着多年的投资与经营经验。Z1 项目是其在津巴布韦的首次投资，该项目近期投入运营，矿区距离当地社区 G1（以下简称“G1”）仅 4 英里，其业务范围涵盖了露天开采及初加工设施，年处理能力超过 450 万吨。据初步统计，该项目的建设阶段雇佣了超过 2000 名当地员工，投产后仍有 1000 余名当地员工与约 200 名中国工人及管理人员共同在现场工作。

Z1 项目之所以具有重要意义，主要基于以下几个方面的原因：其一，矿区新增的加工设施对电力解决方案提出了更高要求，尤其是在成本控制、供电稳定性以及可持续性方面面临着诸多挑战；其二，即便对于像 PA 这样经验丰富的中国投资者而言，适应一个全新的国家和地方环境同样是一项艰巨的任务。在此过程中，项目的管理层所经历的与当地各方机构关系建立过程为我们提供了一个宝贵的观察窗口，使我们能够了解其在项目前期阶段如何管理社区关系并有效规避各类风险。同时，深入了解当地利益相关方对于这一社区“新成员”的看法与期待亦非常具有价值。鉴于此，Z1 项目的能源解决方案、风险缓解策略、组织文化以及社区关系是我们调查的核心内容，以期检验 MEND 框架在该地区的适用性和可操作性。

### 3.2.1. Z1 项目的能源解决方案

Z1 项目距离最近的变电站约 30 公里，因此并网是解决其电力供应的首选方案。除架设输电线路外，Z1 项目还同时开发了其他基础建设设施，例如公共道路和供水设施。这是中国矿业投资者在津巴布韦的常见做法，企业需要自行解决项目建设所需的基础设施。<sup>14</sup>

并网供电方案在很大程度上满足了 Z1 项目当前约 10-20 兆瓦的电力需求。然而，随着加工能力的持续提升，未来电力需求还将持续增长。Z1 项目所建设的输电线路与邻近的农场实现了共享，为当地电气化提供了额外的电力接入。尽管如此，电力供应的不稳定性仍是当前面临的一大难题，为了规避这一风险，Z1 项目的管理层与一家新成立的本地电力服务商 E1（下文简称 E1）达成了一项协议。根据协议，E1 将与 ZETDC 的母公司津巴布韦供电局（ZESA）协商为 Z1 项目的电力供应争取更为安全和优先的供电保障。在这种安排下，E1 负责从邻国或国内发电厂采购电力，并供应给包括 Z1 在内的主要用电单位，从而形成了一种独特的“嵌套式”（Sleeved）购电安排（见图 7），即 E1 作为中间承购方，为 Z1 等成员公司提供稳定的电力保障<sup>15</sup>。

这种供电方式有助于 Z1 以合理的价格获得更可靠的电力供应，自投产以来，据 Z1 管理人员称，电价约为每千瓦时 12 至 13 美分。在津巴布韦的矿业投资领域，这种嵌套式长期购电协议（Sleeved-PPA）无疑是一种颇具创新性的举措。然而，并非所有的中国矿业投资者都准备好尝试这种新模式。另一个中国企业开发的锂矿项目需要建设超过 120 公里的输电线路以连接到国家电网。ZETDC 将在线路建设完成后持有其所有权和运营权，在这种情况下，ZETDC 承诺以优惠电价补偿中国投资者建设输变电线路的成本<sup>16</sup>。访谈中某国有企业对于嵌套式长期购电协议的方式表现出了一定的犹豫态度，尤其是与 E1 这样新成立的服务公司进行合作。相比之下，中国私营企业似乎更愿意尝试创新性的电力供应方案。

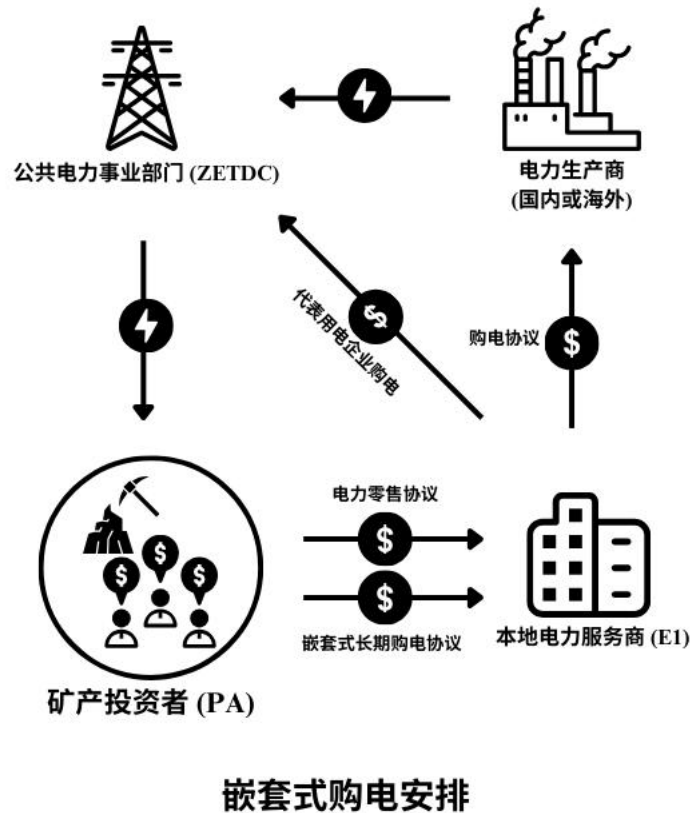
---

<sup>14</sup> 2023 年 7 月 20 日，对一家投资津巴布韦另一个锂矿开采项目的国有公司匿名专家的访谈

<sup>15</sup> 在套管式 CPPA 中，中介公用事业公司代表买方处理与发电厂之间的资金和能源转移。中介公司直接从发电厂获取能源，并在发电厂取电点将能源“套”给买方，买方收取一定费用。

<sup>16</sup> 2023 年 7 月 20 日，对一家投资津巴布韦另一个锂矿开采项目的国有公司匿名专家的访谈

图 7. 嵌套式购电安排



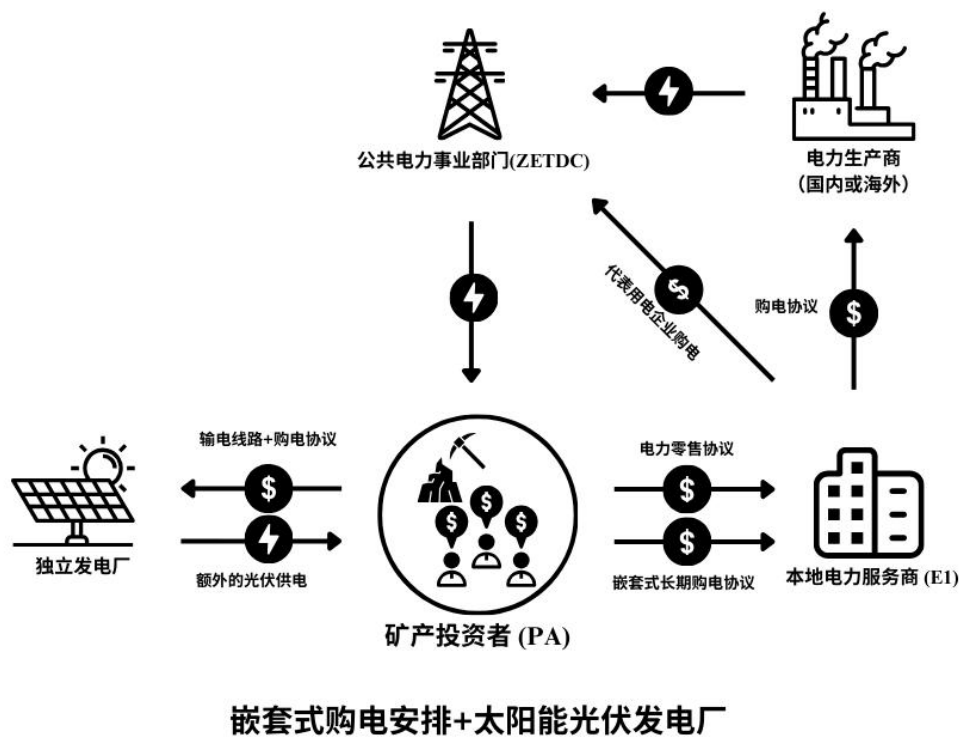
来源：作者自制

为了应对可能出现的电力供应中断风险，Z1 项目的管理人员还在矿区配备了柴油发电机作为备用方案。同时，管理层还在积极评估安装光伏发电设备以作为补充电源的可行性。近年来，津巴布韦的光伏系统成本持续下降，使得一些矿业投资者已经开始采用这一环保、经济的能源解决方案。例如，喀里多尼亚矿业公司（Caledonia Mining）在 2022 年 11 月为其布兰凯特金矿（Blanket Gold Mine）金矿投资约 1400 万美元安装了一个 12.2MW 的太阳能发电站，为公司解决了近四分之一的日常电力需求，并将每盎司黄金的生产综合成本降低至约 37 美元（Caledonia Mining Corporation Plc, 2023）。鉴于 Z1 项目每年的电力支出高达约 1 千万美元，这些成功的案例也鼓励 Z1 项目的管理者考虑类似的补充方案。据 Z1 管理层的受访者透露，如果未来预计的电力需求增加到 30 兆瓦，他们每年的用电支出可能将飙升至 2000 万美元以上。

Z1 项目的管理人员表示，通过实施一个独立的太阳能光伏发电项目，每年可节省高达 800 万美元的电费支出。独立的太阳能光伏发电项目的初始成本约

3000 万美元，预计回收期为 3-4 年。然而，关于增设独立电厂的具体规划仍取决于 Z1 项目的财务业绩以及 PA 对 Z1 项目以及津巴布韦矿业投资的长期布局。从理论上讲，光伏电站也可以采用并网+嵌套式或是自备电站模式进行运营（见图 8）。鉴于目前基于嵌套式长期购电协议的安排已为 Z1 项目提供了稳定的电力供应，因此仍不清楚 Z1 何时以及如何启动备用光伏系统的建设。理论上，嵌套式长期购电协议也能为可再生能源 IPP 和终端用户提供服务（图 8）。

图 8. 嵌套式购电安排+自备电站模式



来源：作者自制

Z1 项目当然还可以选择自备电站模式来开发额外的光伏供电方案。如果是这样 Z1 将创建一个混合供电系统，通过服务提供商的套嵌式 PPA 提供基础电力负荷，并同时使用并网或是离网的光伏发电。Z1 管理人员表示很可能会需要 IPP 的参与，“尽管自备光伏电站的成本回收期较长但它对于降低运营成本以及满足我们的 ESG 要求具有重要意义。一旦这些解决方案在技术上被证明是可行



的，且我们的采矿作业不会受到任何影响，我们将全力支持这些方案的实施。”<sup>17</sup>

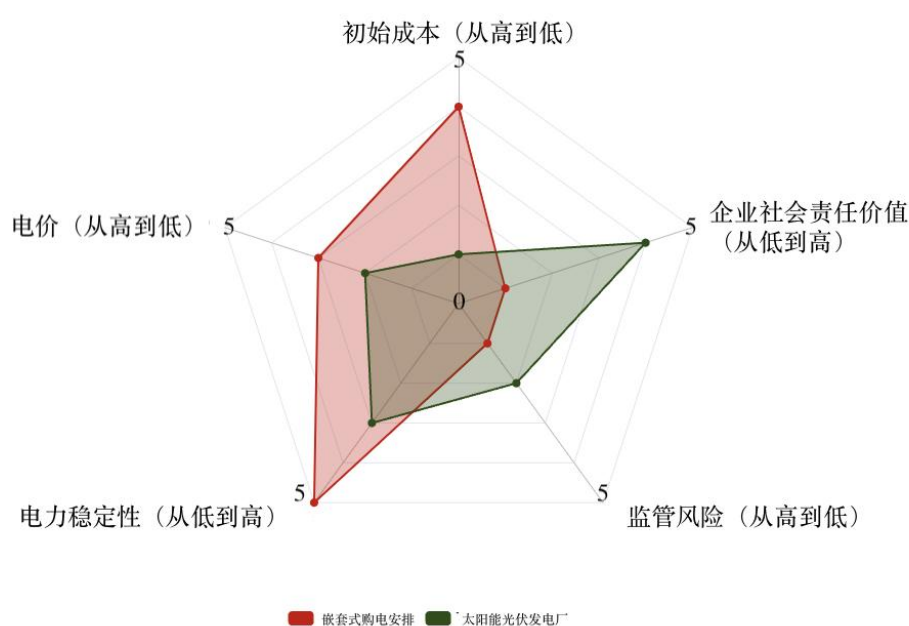
然而，Z1 项目当前的电力解决方案存在若干监管风险，其中最值得注意的是针对嵌套式长期购电协议（Sleeved-PPA）的监管政策。ZETDC 可能会将嵌套式长期购电协议视为对其垄断承购商地位的威胁。从长远来看，E1 公司是否有能力以低成本保证稳定的能源供应，现在下结论还为时过早。此外，尽管津巴布韦国家强行征收中国在锂矿开采和加工领域的已投入资产的可能性不大，但也不能完全排除部分或逐步提高特许权使用费或股权分割要求的可能性。在采访过程中，一位津政府官员提到了将矿业公司的股权分配给当地社区的建议，这将在一定程度上损害矿业投资者的利益。

值得注意的是，这些政治风险目前尚未得到规避，因为投资者认为这些风险是可以承受的。然而，这些风险可能会影响任何潜在 IPP 的信心，尤其是在需要为光伏电站提供资金的情况下。图 9 显示了影响选择嵌套式长期购电协议或光伏电站选项的因素。从图中可以看出，嵌套式长期购电协议的主要优势在于其稳定的电力供应、合理的初始成本和电价，而补充太阳能电站的主要优势在于其较高的企业社会责任价值和较低的监管不确定性。关键在于，如果将两者结合起来形成一种混合模式，就能获得更显著的发展效益。

图 9. 嵌套式长期购电协议及光伏电站供电的决定因素

---

<sup>17</sup> 2023 年 7 月 17 日对津巴布韦 Z1 公司经理的访谈



来源：作者自制

### 3.2.2. 从地方电气化到地方发展

MEND 框架着重强调了将当地电气化进程及其他发展效益纳入考量的重要性。在这一框架下，Z1 项目采用了嵌套式长期购电协议，以应对能源供应的挑战，并在项目开发初期便着手建设输变电相关的基础设施，这些设施应直接惠及 G1 区域附近的终端能源用户。然而，事实上嵌套式长期购电协议为采矿场提供电力的解决方案，但并未给当地社区带来额外的电气化改造的机会。因此，我们有必要了解当地居民对 Z1 项目的总体看法。我们在 G1 地区进行了一项问卷调查，从附近五个村庄收集了共计 152 份回复（见图 10）。

抽样调查的结果显示，约 36% 的家庭已经实现了并网，约 65% 的受访者月收入低于 75 美元。值得注意的是，这些受访者中的大多数（超过 55%）仍主要依赖原始生物质燃料作为家庭的主要能源来源。

图 10. 参与调查的村民

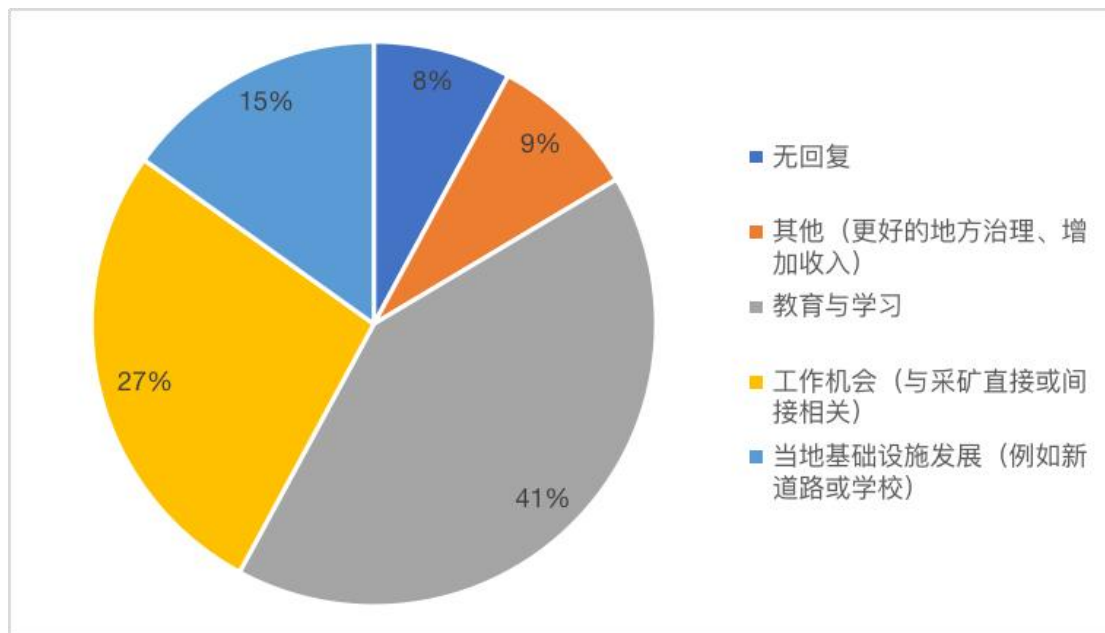


来源：作者拍摄

对于 Z1 项目为当地发展做出的积极贡献，包括教育、就业机会和基础设施改善，社区内部达成了强烈共识（见图 11）。根据 Z1 项目的企业社会责任报告披露和对管理团队的访谈，Z1 项目投入了约 150 万美元用于各种社区发展项目（CDPs）。因此，超过 60% 的社区居民对 Z1 项目和中国投资者持有良好的态度（见图 12）。

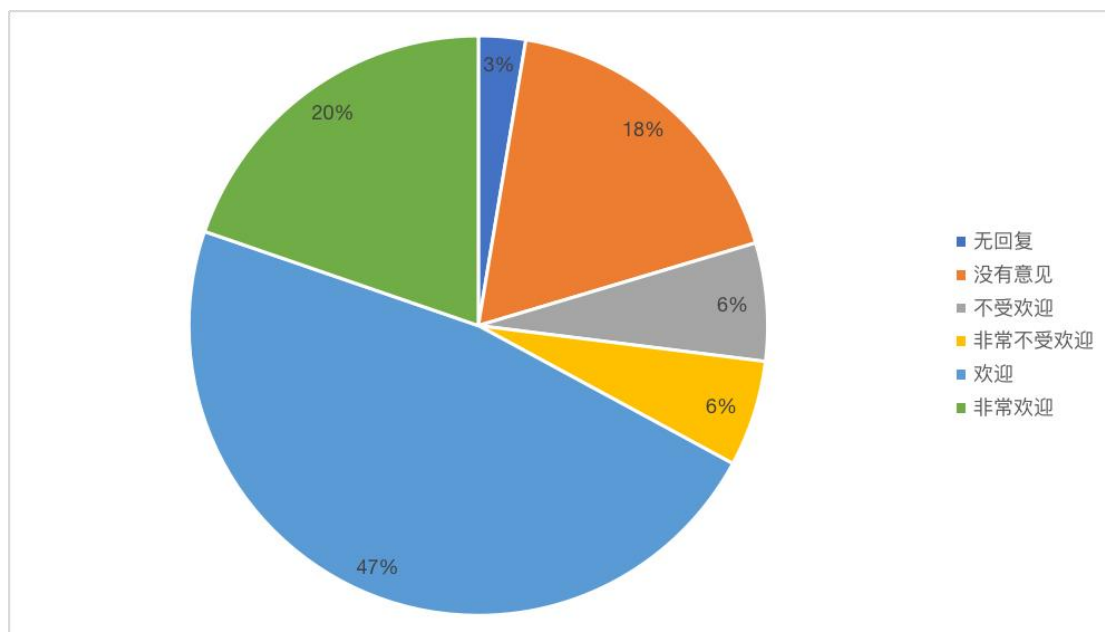
这种普遍好感在与当地酋长、议会领袖和其他主要利益相关者进行实地考察和参与式研讨期间得到了进一步证实。然而，由于当地公共产品和发展机会极度匮乏，统计数据也表明，当地居民对于中国投资者能够做出更多贡献的期望非常强烈——大多数受访者（超过 70%）希望 Z1 项目能将将不少于 5% 的年收入用于社区发展项目。当被问及社区居民的优先需求时，教育和学习机会似乎是最受欢迎的（40.8%），而公共基础设施（包括电力、道路和医疗设施）则是第二受欢迎的领域（38.2%）。

图 11. 对 Z1 项目对当地社会贡献的看法



来源: 作者自制

图 12. 对 Z1 项目及中国投资者的总体态度



来源: 作者自制

Z1 项目管理层成立了一个专门的环境、社会和公司治理 (ESG) 部门, 负责处理当地社区关系和社区发展计划 (CDPs), 该部门由来自津巴布韦和中国双方的员工组成。环境、社会和公司治理 (ESG) 部门直接向高层汇报, 由高层评估和批准各种社区发展计划和沟通策略。ESG 团队中的津巴布韦本地的专

家带来的增值是巨大的，实地调查显示，在与当地各利益相关方接触时津巴布韦本地的 ESG 员工对当地的权力结构和文化有着更为深刻的了解。

鉴于 Z1 的能源解决方案无法为当地社区提供额外的电力供应，因此社区发展计划中准备包含为当地村庄（主要是学生）提供便携式太阳能灯的想法，以帮助缓解该地区的能源贫困问题。此外，Z1 项目还派遣了工程师帮助修复或更换附近老化或被破坏的电力设备。在教育方面，Z1 项目也为当地学校投入了大量资金，共计花费超过 20 万美元为附近的五所学校进行了重新装修和教学设备配置。社区发展计划的下一阶段还将这些学校提供供水设施和体育设施。值得注意的是，实地考察发现，学校大部分缺乏电力供应是教师和校长们最为关心的问题。

除了教育领域外，Z1 项目的社区发展计划还包括提供种子、工具和基本技能培训等方式来支持当地的农业生产。此外，Z1 项目在矿区所使用的部分食品已经实现了本地化采购。在安全基础设施方面，Z1 项目还在安全基础设施方面进行了投资，帮助当地修建了一处派出所。这不仅对保护其采矿业务的顺利进行有所帮助，也对当地社区的安全保障产生了积极影响。其他的社区发展计划还包括为卫生工作者修建宿舍以及为当地诊所建设供水系统等。目前，Z1 项目正在考虑在社区发展计划的下一阶段，在矿区附近新建一个社区诊所。总体来看，Z1 项目的社区发展计划的待办事项清单非常长，而当地电气化只是后期需要解决的众多问题之一。

自 2023 年投产以来的一年内，Z1 项目在开展与当地社区有效的交流和社区发展计划方面已经做出了巨大的努力。然而，未来的挑战仍不容忽视。当地社区对于中国的投资表现出高度的接受和期望，但长远来看，这种情况也可能导致失望情绪的产生。此外，仅靠 Z1 项目显然无法完全填补 G1 地区基础设施和公共产品方面的巨大缺口。因此，当地迫切需要更多的，来自包括民间组织、双边或国际援助机构以及慈善组织在内的多方合作计划和额外资金来完善社区发展计划的实施。在实地考察中，我们发现一些中国的民间组织和国际

社会企业已经与 Z1 项目的管理团队进行了接触，并对下一阶段的社区发展计划的合作事宜进行了探讨，这将进一步增强 Z1 项目实施企业社会责任战略的能力。最后，值得一提的是，如果最终 Z1 项目能够成功实施其太阳能光伏电站的计划，将当地电气化水平的提升提供更多的机会。但实现这一目标需要更多的资金支持、更精密的项目设计以及有能力的执行机构来充分挖掘项目潜力。

### 3.2.3. 组织管理与文化

Z1 项目拥有超过 1000 名正式签约的本地劳动力，约占总人数的 85%。在工作时间方面，该项目严格执行每天 8 小时、三个班次的工作标准，以满足矿石加工设施不间断运行的要求。部分员工的工作时长可长达 12 小时，但通常在连续完成两个 12 小时的轮班后会有一整天的休息时间。当地雇员的月薪在税前 100 美元到 800 美元之间。操作叉车之类常见的工作月薪通常为税前 350 美元左右。Z1 项目在矿区为当地员工提供了食堂，免费提供每日两餐的当地食物，餐标为 1 美元/每人/每顿。大多数当地员工住在邻近社区 G 区（5 公里以内）或临近城市（约 40 公里）。Z1 项目在从 G 区到矿区的路段提供班车服务，有助于缩短员工的通勤时长。

Z1 项目还为当地员工提供操作各种机械的专门培训课程。中国员工通常担任主管角色，他们在保持完成日常任务和产出目标的效率方面也发挥着关键作用。Z1 项目从 G 区的 25 个选区中平均招聘员工，但在招聘过程中存在一定的针对寻租活动和不透明现象的投诉。Z1 项目提供的平均薪资相当丰厚，通常是当地平均收入的 4 至 5 倍，因此很难避免这种情况的发生。

考虑到 Z1 项目中的当地员工与当地居民的日常活动交集，社区风险可能进一步复杂化。尽管 Z1 项目还处于早期运营阶段，但越来越明显的是，矿业投资正在逐步将 G1 区的农村农业经济转变为更加以工业和服务业为导向的经济。PA 公司作为外国投资者不可能满足当地社区的所有发展要求，如为每个人提供工作岗位或提供所有公共基础设施和公共产品。Z1 项目为当地员工提供了令人印象深刻的福利和薪酬。然而，在 G1 区普通家庭的收入仍然较低的情况下，

一大群相对富裕的当地员工很有可能会改变当地的社会经济结构，并加剧地区内的不平等性。从农村社区向 "矿业城镇 "的转型将在未来的几年内带来发展机遇和挑战。这需要所有的利益相关方，尤其是 PA 公司，正确地理解这些潜在的机遇和挑战。同样，如何应对和解决周边地区在转型过程中面临的挑战也超出了中国投资者本身的能力范围。中国和津巴布韦的民间组织、双方的学术界和政府官员等多方利益相关者必须进行合作，以引导和管理当地社区向更可持续的道路转型。



### 3.3.案例研究的启示

通过深入剖析 MEND 框架在津巴布韦，尤其是 Z1 项目中的实际应用，我们探究了当地各利益相关方在应对供电挑战时的策略与举措。调查发现，首先，在津巴布韦电力供应紧张的情况下，锂矿开采活动的蓬勃发展为私营利益相关方提出创新解决方案提供了肥沃的土壤。Z1 项目的嵌套式长期购电协议只是其中一例，其他的中国企业也在寻求创新性的电力供应安排，以解决采矿作业供电的“最后一英里挑战”。具体电力方案的选择取决于每个投资者在网络、融资渠道和组织文化方面的能力和制约因素。然而，这些创新做法一旦验证成功，便具有潜在的转移或推广价值。

并网供电方案通常涉及新建电力基础设施，这有助于促进国家电力公司向邻近社区供电。然而，如果采用基于私有电力设施的封闭自供电方案，则为当地社区提供额外电力供应的障碍或成本可能会更高。在这两种情况下，可再生能源都可以作为一种补充解决方案，因为它在不同的项目阶段和应用场景中都具有高度的灵活性。不过，考虑到当地社区在公共产品和基础设施方面的严重匮乏，电力供应可能并非当地家庭的首要关注点，特别是在面临更为迫切的发展挑战的情况下，如供水问题、薄弱的教育系统，以及长期贫困等深层次社会问题。Z1 项目的案例研究显示，G 区的当地居民更加看重就业和教育机会，而非电力供应。

因此，本研究揭示了两个关键信息：首先，投资者的企业社会责任计划应紧密结合当地居民的优先需求进行设计；其次，期望投资者单独为当地社区提供所有就业岗位，公共产品，或是基础设施是不切实际的，需要其他参与者的加入和额外的支持。为实现这一目标，除了需要补充资金和技术能力的支持来配合企业的社区发展计划，还需要双边或多边的捐助者和发展机构、社会企业、民间组织和慈善组织等多方合作。在这一背景下，应将 MEND 方法视为公共、私营和民间组织之间的协作机制。尽管在协调各方利益和实现共同目标方面可能会面临巨大挑战，但这种合作机制所带来的潜在好处也是无可比拟的。

鉴于实施 MEND 方法的解决方案所伴随的巨大挑战与益处，为矿业投资提供电力的决策需要因地制宜地进行权衡。关于多种风险因素的担忧，包括项目

完工的不确定性、初始成本与投资回报的考量、电价或运营成本的波动、供电可靠性问题、监管风险以及社区接受度等，都会对最终供电方案的选择产生重要影响。在微观和项目层面，MEND 方法有助于构建所有主要利益相关方之间的风险分担机制。在这一机制中，政治风险（如政策突变或征收）、市场风险（如商品价格波动）以及社区风险（如地方抵制）等因素都可以被适当纳入考量，并基于主要参与者共同的发展理念和目标进行风险管理与利益协调。

## 4. 政策建议与结论

对于许多低收入国家来说，尽管后疫情时代面临着区域与全球性的经济动荡，但采矿业仍是少数能吸引大量外资的行业之一。在可预见的未来，关键矿产的需求量会急剧上升，因此，对于面临严重财政困难的受援国来说，矿业可以成为一个重要的“反周期”产业。即使在公共投资枯竭的情况下，它也能为实现经济结构调整和工业赶超带来战略机遇。然而，抓住战略价值需要多方面的基础设施共同支持，而电力供应则是撒哈拉以南非洲国家中最具挑战性的一项。其缺乏公共资金或可融资方案的问题，急需得到创新且可推广的答案。与此同时，矿业投资为当地社区的电气化和其他发展目标带来了前所未有的机遇，矿区周围的邻近社区供电可以通过与矿企分享负荷和或是由企业的社会责任资金支持，以此接入现代的能源系统。

MEND 框架是将资源型国家和地方的发展需求置于优先位置考虑的。这种理想的解决方案需要考虑如何激励、监管和支持外国投资者。同时，MEND 的实施还需要构建一套新的机构和利益相关方关系网的支持。新的关系网不仅需要受援国和投资国（这里指撒哈拉以南非洲国家和中国）的公共、私营和民间组织，还需要地区性或国际性的组织共同参与。为了达到理想的最终目标，需要解决各方当前的能力与制度差距，并为双方提供恰当的政策支持，下文将对此进行讨论。

### 4.1. 支持关键采矿活动的创新电力解决方案

从中国方面来看，政策性银行和监管机构应为关键矿业投资积极寻求创新电力解决方案的中国投资者和 EPC 承包商提供进一步的支持。由于新兴的商业

模式往往不同于传统的政府资助项目或常规的 IPP 发电厂，如何将这些新模式和趋势与升级的风险评估方法和工具相匹配是对国家金融机构灵活性和学习能力的考验。目前，大多数与矿业投资相关的电力基础设施都由企业或商业资金支持，这极大地限制了 MEND 的扩展可能，特别是对于中国国有企业投资者和工程总承包商而言。中国政府一直呼吁将“一带一路”的关注点从旗舰项目转向“小而美”项目（一带一路建设领导小组，2023），我们认为与采矿相关的基础设施可以成为这类项目的典范，值得在政策和资金方面给予更多关注。长期以来，中国政策性银行和国有企业一直在刚果（金）等国家进行“资源置换基础设施”的交易试验，在取得了显著成就的同时也遭遇了挫折（Landry, 2018; Xu, 2020），这些都是在新时代寻求 MEND 解决方案的宝贵经验。

从受援国方面来看，围绕最后一英里输电线路、嵌套式长期购电协议以及自备选项的创新电力解决方案需要一个更清晰、更稳定的监管框架。实地调研中发现，电力解决方案的多样化表明津巴布韦政府对这些自下而上的实验具有高度的灵活性和容忍度，这对于寻求务实和有针对性的解决方案至关重要。然而，这也为如何长期监管这些创新举措带来了不确定性。明确的政策信息对于其他投资者来说可能至关重要，因为许多投资者在现阶段对于是否追随“第一个吃螃蟹的人”尚存疑虑。

#### 4.2. 支持具有气候缓解效益的可再生能源解决方案

从中国方面来看，推广可再生能源解决方案的优势非常明显，因为其拥有为矿山提供光伏发电设施的强大技术能力。但由于政策性银行和出口信用保险公司需要接受矿业投资者的承购风险，因此其面临的挑战还是在于项目风险需要获得融资机构的认可。此外，矿业投资者和 IPP 需要就政治、商业甚至社区风险制定适当的分担机制，这可能需要时间并增加交易成本。然而，除了常规的融资途径外，还可以探索其他资源模式。例如中国专门用于支持全球南方减缓和适应气候变化的南南合作基金<sup>18</sup>，这种资金可用于支持试点项目或能力建设项目。除了气候融资之外，这些太阳能光伏发电设施的减排效果还可以量化

---

<sup>18</sup>中国气候变化南南合作基金于 2015 年设立，中央财政拨款 200 亿元人民币。旨在推动气候治理南南合作，增强发展中国家应对气候变化的能力，促进其向绿色低碳发展转型。

并打包销售成为全球碳市场中的碳信用资产。传统金融、气候融资和碳金融的结合可以显著提高这些补充解决方案的可融资性和声誉价值。

从受援国方面来看，支持可再生能源基础设施的若干政策已经出台。《国家可再生能源政策》是促进可再生能源并网和离网部署的主要政府文件（Ministry of Energy and Power Development, 2019）。不过，津巴布韦政府还可以提供更多支持，比如降低光伏设备进口关税和外汇风险。从长远角度出发，受援国可能会考虑支持国内光伏设备的制造能力，这意味着需要通过国产化比例等政策工具。然而，这些政策需要谨慎推行，以免阻碍外资流入。对于非洲受援国政府来说，协调产业政策和外国投资政策可能是平衡短期和长期利益的最具挑战性的任务。

#### 4.3. 实现地方电气化和发展效益

近年来，中国政府和行业协会发布了多项指导方针，鼓励更多对环境和社会负责任的海外投资，尤其是在矿业领域。这些指导方针对于不符合东道国环境、能源消耗和安全标准的中国海外投资施加了限制（国家发改委，2017），并呼吁加强对中国海外项目，尤其是在能源、交通和矿业领域，进行更严格和有效的环境风险管理（生态环境部，2022）。中国五矿进出口商会（CCCCMC）发布并升级了关于负责任采矿活动综合指南（CCCCMC，2022）。然而，如何将这些指导方针和建议转化为实际行动还需要进一步研究。在津巴布韦案例中，我们的研究表明 MEND 模式最终能在多大程度上帮助实现当地社区电气化取决于具体情况。

从中国方面来看，投资者需要与当地社区建立直接和间接的沟通渠道，以了解当地的能源发展需求。高效的直接沟通依赖于强大的内部团队和对于当地社会文化经济知识的掌握。同时，与各类民间组织和当地研究人员的间接沟通有助于共同设计和共同交付与能源相关的项目发展计划。与当地社会团体或商业企业的外包合作对于尚不具备足够技能和经验去处理复杂的当地情况的中国投资者来说尤为重要。除了民间与私营合作伙伴关系外，考虑到这些矿业投资对双方的战略价值，中方参与者还需要考虑利用双边援助作为支持当地能源可及的补充来源的可能性。

从受援国方面来看，国家电力公司可能需要向当地社区提供配电服务，并与矿业投资者和其他终端用户安排适当的电价方案。对于自备方案，电力部门可以发挥的作用相当有限，但需要就自备方案发出明确的政策信号。此外，中央和地方政府还需要解决更广泛的转型问题，特别是采矿投资导致的农村社区的系统性社会经济转型所产生的一系列问题。由于传统的农业和手工采矿活动可能会迅速且彻底地消失，社会经济结构和制度也会随之发生变化，这将会带来巨大的治理机遇和挑战。一方面，矿业和周边的活动可能会产生新的就业和学习机会。另一方面，围绕土地和水资源的使用、日益增长的犯罪率以及各社会集团的互相排斥，不平等的程度激增等因素最终都可能导致社会冲突。如果不能正确预测、理解和管理这些冲突，MEND 框架所带来的优势最终可能会付诸东流。

#### 4.4. 建立有效且一致的再分配机制

中国对全球南方的贷款和投资不附加任何条件，且中国投资者（国有企业和私营企业）对参与受援国的国内政治和决策过程尤其不感兴趣。因此，中方参与者在建立受援国围绕矿业收入再分配机制方面的作用有限。然而，中国企业要想开发大型能源基础设施，为采矿、加工或其他工业活动提供支持需要受援国建立有效的再分配机制。例如，如果不考虑将津巴布韦的矿产收入作为直接或间接抵押品，那么拟议中的津巴布韦大型浮动太阳能项目提案很可能无法获得银行融资。

因此，东道国政府需要就蓬勃发展的采矿业收入的再分配机制专门制定一个统一的政策框架。以津巴布韦为例，1963 年的《矿业和矿产法》明显已经过时，因为它在采矿收入再分配、采矿许可证的发放、以及完善宽松的税收和特许权制度等重大问题上缺乏明确的规定。这项法律因缺乏具体性，给投资者带来了相当大的风险和不确定性。一个值得注意的例子是，津巴布韦政府武断地试图在 2022 年将锂矿开采特许权使用费从 2.5% 提高到 5%。对于可接受的特许权使用费支付货币，无论是美元、津巴布韦元，甚至是等量的矿石，也有含糊不清之处（Marawanyika and Ndlovu, 2022）。而有关新矿业法案的谈判基本上是由矿业发展部领导的闭门谈判，政策流程可以更加透明。由于这项新法案对津巴布韦的发展战略至关重要，因此与其他职能部委、相关部门和外部专家

进行公开讨论和咨询可对完善的再分配机制有所帮助。除了在特许权使用费监管的明确性和一致性之外，受援国还需要更加智能的规划和预算系统，从而通过利润丰厚的采矿收入来开发最关键的基础设施，例如对采矿和更广泛的经济发展都至关重要的公路、铁路和港口。采矿、财政和基础设施部门之间需要进行审慎、有效的收入再分配。具体和透明的规划将增强投资者及其金融机构对这些领域的信心。

最后但同样重要的是，MEND 框架并不是一个双边方案。相反，其成功实施往往需要区域甚至国际合作方面的努力。该地区各国之间的合作可以极大地促进可持续电力解决方案的前景以及重点投资项目对本地发展的持久影响。例如，本案例研究展示了通过南部非洲电力联盟（SAPP）从邻国采购电力的可能性，合作可以基于现有机构或新设立的机构。2022 年，赞比亚和刚果民主共和国签署了一项历史性合作协议，以促进电池和清洁能源领域价值链的发展，这与非洲开发银行和欧盟合作伙伴等地区及国际发展金融机构合作开发赞比亚-洛比托铁路项目等关键基础设施提供了可能性（AfDB，2023）。不断加剧的地缘政治紧张局势将关键矿产及其供应链置于各国审查的中心，但撒哈拉以南非洲地区资源丰富国家之间的合作将加强非洲机构在关键矿产和可再生能源项目谈判中的作用。

与本地区以外的同样拥有丰富矿产资源的国家进行“南南”合作也是有益的。本报告中讨论的一些挑战可能在亚洲或拉丁美洲等其他南方国家已经遇到甚至解决。例如，印度尼西亚镍矿行业最新的产业政策，或者智利矿业城镇持续存在的社区冲突，如果能提供相互学习的机会，将为非洲国家和社区提供宝贵的经验。

## 参考文献

- 【1】 African Development Bank Group. (2023). African Development Bank joins global partners to raise financing for the \$1.6 bn multinational Lobito Transportation Corridor programme. <https://www.afdb.org/en/news-and-events/press-releases>
- 【2】 African Energy. (2018). Zimbabwe: Kariba South Extension inaugurated. <https://www.africa-energy.com/news-centre/article/zimbabwe-kariba-south-extension-inaugurated>
- 【3】 Ayele, S., Shen, W., Chiyemura, F., & Gu, J. (2021). Enhancing China–Africa Cooperation in the Renewable Energy Sector. *IDS Policy Briefing*, 76.
- 【4】 Banerjee, S. G., Romo, Z., McMahon, G., Toledano, P., Robinson, P. & Arroyo, I. P. (2015). The Power of the Mine: A Transformative Opportunity for Sub-Saharan Africa. World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/bac8f472-f904-58cf-af04-2850cabb4578>
- 【5】 Banya, N. (2022). Zimbabwe bans raw lithium exports to curb artisanal mining. Reuters. <https://www.reuters.com/world/africa/zimbabwe-bans-raw-lithium-exports-curb-artisanal-mining-2022-12-21/>
- 【6】 Banya, N. & Chingono, N. (2023). Zimbabwe presses miners to produce battery-grade lithium locally. Reuters. <https://www.reuters.com/markets/commodities/zimbabwe-presses-miners-produce-battery-grade-lithium-locally-2023-05-31/>
- 【7】 Belt and Road Construction Leadership Group. (2023). Vision and Actions for Unswervingly Promoting the High-quality Development of the Belt and Road Initiative. Belt and Road Portal. <https://www.yidaiyilu.gov.cn/p/0F1IITOI.html>
- 【8】 Caledonia Mining Corporation Plc. (2023). Integrated report. <https://www.caledoniamining.com/investors/integrated-report/>
- 【9】 CCCMC. (2022). Chinese Due Diligence Guidelines for Mineral Supply Chain (Second Edition). China Chamber of Commerce of Metals, Minerals & Chemicals Importers & Exporters. <https://www.cccmc.org.cn/shfw/ff80808181489d3201820f3ad0a01201.html>
- 【10】 Chingono, N. (2023). Zimbabwe aims to double power output by 2025 to meet mining demand. Reuters. <https://www.reuters.com/world/africa/zimbabwe-aims-double-power-output-by-2025-meet-mining-demand-2023-06-01/>
- 【11】 Demarais, A. (2023). What Does ‘De-Risking’ Actually Mean?. Foreign Policy. <https://foreignpolicy.com/2023/08/23/derisking-us-china-biden-decoupling-technology-supply-chains-semiconductors-chips-ira-trade/>
- 【12】 eBusiness Weekly. (2023). Zera okays US2 cents electricity tariff hike. <https://www.businessweekly.co.zw/zera-okays-us2-cents-electricity-tariff-hike/>
- 【13】 IEA (2022), Africa Energy Outlook 2022, IEA, Paris  
<https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2022>, License: CC BY 4.0
- 【14】 Kurland, S. (2020). Energy use for GWh-scale lithium-ion battery production. Environ. Res. Commun. 2 012001. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2515-7620/ab5e1e/pdf>
- 【15】 Landry, D. (2018). The Risks and Rewards of Resource-for-infrastructure Deals: Lessons from the Congo's Sicominex agreement. *Resources Policy*, 58, 165-174.

- 【16】 Marawanyika, G. (2022). Zimbabwe approves Chinese investors' \$2.83 billion battery-metals park proposal. Bloomberg. <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-09-16/chinese-investors-plan-2-83-billion-metals-park-in-zimbabwe#xj4y7vzkg>
- 【17】 Marawanyika, G., & Ndlovu, R. (2022). Zimbabwe to raise taxes on platinum, lithium to boost revenue. <https://www.mining.com/web/zimbabwe-to-double-royalty-rate-on-platinum-group-metals/>
- 【18】 MEE. (2022). Guidelines for Ecological Environmental Protection of Foreign Investment Cooperation and Construction Projects. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. [https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk/xxgk05/202201/t20220110\\_966571.html](https://www.mee.gov.cn/xxgk/xxgk/xxgk05/202201/t20220110_966571.html)
- 【19】 Ministry of Energy and Power Development. (2019). National Renewable Energy Policy. Available at: [https://www.zera.co.zw/National\\_Renewable\\_Energy\\_Policy\\_Final.pdf](https://www.zera.co.zw/National_Renewable_Energy_Policy_Final.pdf)
- 【20】 Minister of Finance and Economic Development. (2022). Zimbabwe Budget Strategy Paper: 2023 - "Accelerating Economic Transformation." <http://www.zimtreasury.gov.zw/wp-content/uploads/2022/09/2023-BUDGET-STRATEGY-PAPER.pdf>
- 【21】 Moses, O., Hwang, J., Engel, L., & Bien-Aime, V. Y. (2023). A New State of Lending: Chinese Loans to Africa. Global Development Policy Centre. Policy Brief No. 19. Boston University. [https://www.bu.edu/gdp/files/2023/08/GCI\\_PB\\_019\\_CLA-2023-FIN.pdf](https://www.bu.edu/gdp/files/2023/08/GCI_PB_019_CLA-2023-FIN.pdf)
- 【22】 Ndlovu, R. (2022). Depleted Kariba Dam Leaves Zimbabweans Without Power for 19 Hours a Day. Bloomberg. Available at: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2022-12-05/depleted-kariba-dam-leaves-zimbabweans-without-power-for-19-hours-a-day?leadSource=verify%20wall>
- 【23】 NDRC. (2017). Opinions on Further Guiding and Regulating Outbound Investments. www.go.cn. [https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-08/18/content\\_5218665.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2017-08/18/content_5218665.htm)
- 【24】 Owen, J.R., Kemp, D., Lechner, A.M. et al. Energy transition minerals and their intersection with land-connected peoples. Nat Sustain 6, 203–211 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00994-6>
- 【25】 Quiroz, D., Kuepper, B., Achterberg, E., Rajeevan, C., Warmerdam, W. (2022). Towards a just energy transition. Labour rights risks in the Latin American mining sector, Amsterdam, The Netherlands: Profundo. Available at: [https://justtransition.cnvinternationaal.nl/\\_Resources/Persistent/a/8/0/e/a80e414827c77f5fc10dfc3ea960ae682276f287/CNVI-0352%20Profundo%20Mineral%20supply%20chains%20from%20Latin%20America%20221006%20def.pdf](https://justtransition.cnvinternationaal.nl/_Resources/Persistent/a/8/0/e/a80e414827c77f5fc10dfc3ea960ae682276f287/CNVI-0352%20Profundo%20Mineral%20supply%20chains%20from%20Latin%20America%20221006%20def.pdf)
- 【26】 Razao, R. (2023). US\$12 billion minerals export revenue surpassed says Ziyambi; insists 'development' is Zanu PF's manifesto. NewZimbabwe. <https://www.newzimbabwe.com/us12-billion-minerals-export-revenue-surpassed-says-ziyambi-insists-development-is-zanu-pfs-manifesto/>
- 【27】 Reuters (2023). China Energy plans 1000 MW floating solar plant in Zimbabwe. Available at: <https://www.reuters.com/business/sustainable-business/china-energy-plans-1000-mw-floating-solar-plant-zimbabwe-2023-03-27/>
- 【28】 Ruzvidzo, W. (2023). President curbs unnecessary foreign travel. The Herald. <https://www.herald.co.zw/president-curbs-unnecessary-foreign-travel/>



- 【29】 The Herald. (2023). Electricity tariffs up 19pc. <https://www.herald.co.zw/electricity-tariffs-up-19pc/#:~:text=Before%20the%20recent%20approval%2C%20ZETDC,28c%2FkWh%20for%20all%20customers.>
- 【30】 The Sunday Mail. (2023). ZETDC seeks tariff increase to boost power supply. <https://www.sundaymail.co.zw/zetdc-seeks-tariff-increase-to-boost-power-supply>
- 【31】 The Zimbabwean. (2023). ZESA broke, set to increase tariffs as power cuts worsen: Watchdog. Energy Central. <https://energycentral.com/news/zesa-broke-set-increase-tariffs-power-cuts-worsen-watchdog>
- 【32】 Vinga, A. (2023). Zim spends US\$134, 5 million on electricity imports. New Zimbabwe. <https://www.newzimbabwe.com/zim-spends-us134-5-million-on-electricity-imports/>
- 【33】 World Bank Open Dta. Access to electricity, rural (% of rural population) - Zimbabwe. <https://data.worldbank.org/cn/indicator/EG.ELC.ACCS.RU.ZS?locations=ZW&type=points>
- 【34】 Xu, J. (2020). Chinese Resource-for-Infrastructure (RFI) Investment in Sub-Saharan Africa and the Future of the 'Rules-Based' Framework for Sovereign Finance: The Sicomines Case Study. *Michigan Journal of International Law*, 41: 615.
- 【35】 ZimStat. (2022). Population & Housing Census 2022. Zimbabwe National Statistics Agency. <https://zimbabwe.opendataforafrica.org/anjlpct/2022-population-housing-census-preliminary>
- 【36】 ZimStat. (2023). Index of Mineral Production - Zimbabwe National Statistics Agency. [https://www.zimstat.co.zw/wp-content/uploads/2023/06/Index\\_of\\_mineral\\_production.pdf](https://www.zimstat.co.zw/wp-content/uploads/2023/06/Index_of_mineral_production.pdf)
- 【37】 Zhou, L. & Ma, Z. (2023). After a Decade of Fossil Fuel Investing, Can China Fulfill Its Promise of a "Green" Belt and Road Initiative? World Resource Institute, Commentary. <https://www.wri.org/insights/greening-chinas-belt-and-road-initiative>